SOLUZIONE SINTETICA LV

Università di Trieste A.A. 2023/2024 Lauree Triennali in Ingegneria Industriale e Navale **A**

FISICA GENERALE 1, Prova Scritta, 23.04.2024

Cognome ...VITALE... **Nome** ...LORENZO... **CdS** ...IND NAV... **Anno** ...1/2/3/FC...

In rosso i valori numerici per i temi B e C e qualche osservazione

<u>Istruzioni</u>: Per ciascuna domanda rispondere fornendo solo il risultato finale: la grandezza incognita espressa simbolicamente in funzione delle grandezze date, e poi il corrispondente risultato numerico, con il corretto numero di cifre significative e con le unità di misura appropriate. Fare attenzione ai segni nelle risposte numeriche.

Esercizio 1. Un ascensore parte da fermo a piano terra e sale verticalmente verso l'alto, raggiungendo la velocità massima di $4.0\ \mathrm{m/s}$ in $2.5\ \mathrm{s}$ (fase 1). Continua poi mantenendo costante questa velocità per i successivi 5.0* s (fase 2) e infine decelera fino a fermarsi dopo altri 1.0 s (fase 3). Si supponga che nelle fasi 1 e 3 l'accelerazione sia costante in modulo. Fissare l'asse y verticale verso l'alto con l'origine a piano terra.

*Δt_2 per i temi B 4.0 s, C 3.0 s

(a) Che altezza $h = \Delta y$ raggiunge l'ascensore rispetto al piano terra?

$$a_{iy} = \frac{\Delta v_{iy}}{\Delta t_i} = \begin{cases} \frac{4.0}{2.5} = 1.6 \\ 0 \\ -\frac{4.0}{1.0} = -4.0 \end{cases} \frac{m}{s^2}$$

$$h = \Delta y = \underbrace{\Delta y_1}_{\frac{1}{2} a_{1y} \Delta t_1^2} + \underbrace{\Delta y_2}_{v_{1y} \Delta t_2} + \underbrace{\Delta y_3}_{v_1 \Delta t_3 + \frac{1}{2} \underset{<0}{a_{3y}} \Delta t_3^2} = 27\ (23,\ 19)\ m$$

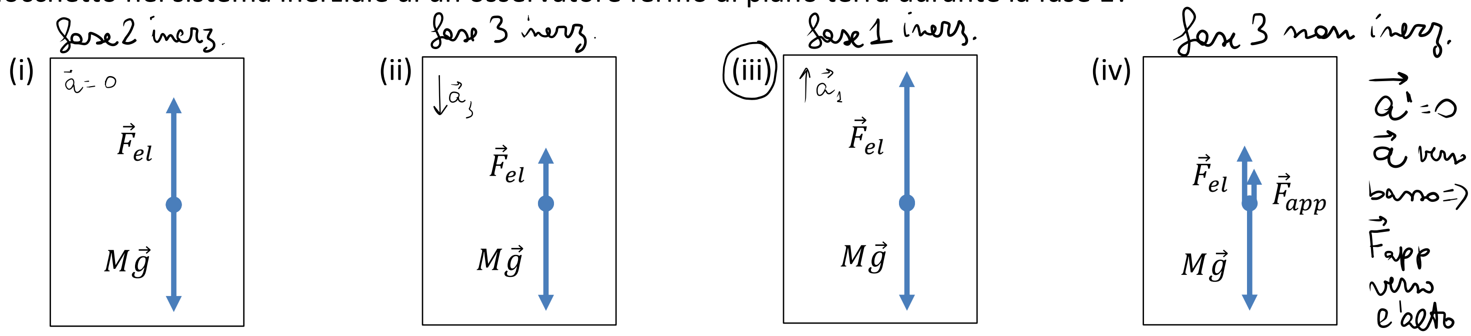
B C

$5.0\ m$ $\quad 20.0\ (16.0,\ 12.0)\ m$ $\quad 2.0\ m$

(b) Quanto valgono la velocità media $\langle v_y \rangle$ e l'accelerazione media $\langle a_y \rangle$ dell'ascensore nell'intervallo di tempo fra la partenza e la fermata?

$$\langle v_y \rangle = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{y_f - y_i}{\Delta t} = 3.2\ (3.1,\ 2.9)\ \frac{m}{s} \qquad \langle a_y \rangle = \frac{\Delta v_y}{\Delta t} = \frac{\overset{0}{v_f} - \overset{0}{v_i}}{\Delta t} = 0\ \frac{m}{s^2}$$

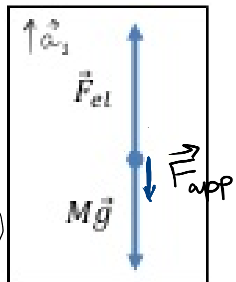
(c) Un blocchetto di massa $M = 7.2\ \mathrm{kg}$ è appeso al soffitto dell'ascensore mediante un dinamometro a molla. Il dinamometro esercita sul blocchetto la forza $\vec{F}_{el}$. Sul blocchetto, a seconda del sistema di riferimento preso, può agire anche la forza apparente $\vec{F}_{app}$. Quale dei seguenti diagrammi a corpo libero descrive il blocchetto nel sistema inerziale di un osservatore fermo al piano terra durante la fase 1?



(d) Scrivere la seconda legge di Newton per il blocchetto di massa M nel sistema non inerziale dell'ascensore durante la fase 1 e disegnare il diagramma a corpo libero del blocchetto nel sistema non inerziale dell'ascensore durante la fase 1.

Nel sist. non inerziale dell'ascensore il blocchetto "appare" sempre fermo $\vec{a}' = 0$

d.c.l. sistema ascensore



$$\underbrace{\sum \vec{F}_{reali}}_{\vec{F}_{el} + M\vec{g}} + \underbrace{\sum \vec{F}_{app}}_{\vec{F}_{app} = -M\vec{a}_{tras} = -M\vec{a}_1} = M \underset{=0}{\vec{a}'} \Rightarrow \vec{F}_{el} + M\vec{g} \underbrace{- M\vec{a}_1}_{\vec{F}_{app}} = 0$$

$\vec{F}_{app}$ da aggiungere a (iii)

(e) Quali sono i tre valori del modulo della forza misurata dal dinamometro in ciascuna delle tre fasi? Si supponga che l'equilibrio sulla scala del dinamometro venga raggiunto in tempi molto inferiori al secondo.

fase 1 da (iii) o da (d) $\qquad$ fase 2 da (ii) $\qquad$ fase 3 da (i) o da (iv)

$$F_{el1y} = M(g + \underset{>0}{a_{1y}}) = 82\,N \qquad F_{el2y} = Mg = 71\,N \quad (a_{2y} = 0) \qquad F_{el3y} = M(g + \underset{<0}{a_{3y}}) = 42\,N$$

(f) Quanto vale il lavoro totale fatto da tutte forze agenti sul blocchetto tra la partenza e la fermata?

Soluzione più semplice → applico teorema lavoro-energia che vale sempre (nei SRI)

$$W_{TOT} = \Delta K = K_f - K_i = 0\,J$$

Soluzione alternativa, ma più "laboriosa" $W_{TOT} = W_{Mg} + W_{F_{el}}$

(g) Quanto vale il lavoro fatto dalla forza del dinamometro sul blocchetto tra la partenza e la fermata?

Soluzione più semplice

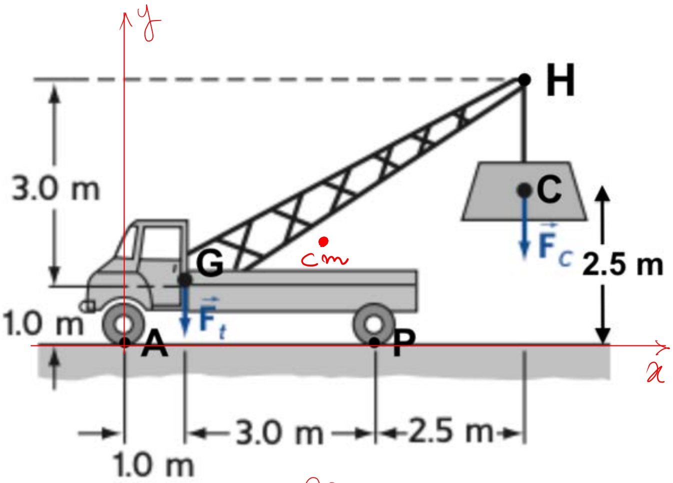
$$W_{F_{el}} = -W_{Mg} = +Mg\Delta y = 1.9\ (1.6,\ 1.3)\ kJ$$

Soluzione alternativa, ma più "laboriosa"

$$W_{F_{el}} = F_{el1y}\Delta y_1 + F_{el2y}\Delta y_2 + F_{el3y}\Delta y_3$$

Esercizio 2. Un'autogrù ha una massa $m_G = 3000$ kg * quando è priva di carico. In un certo istante è ferma su un terreno pianeggiante mentre sorregge un carico C di 20 kN come mostrato in figura. Nella figura il punto G rappresenta il centro di massa dell'autogrù, C il centro di massa del carico, A e P i punti di appoggio delle ruote anteriori e posteriori sul terreno, H il punto più alto della grù dove il cavo di aggancio per il carico viene calato.

* Per i temi B $m_G = 3500$ kg, C $m_G = 4000$ kg



Osservazione: finché il centro di massa si trova "a sinistra" di P ⇒ non si ribalta!

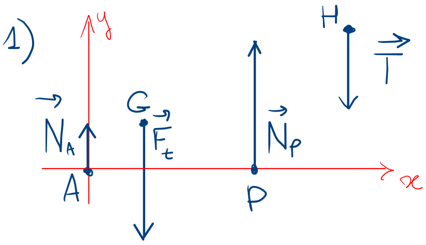
(a) Disegnare sulla figura un sistema assi cartesiani x-y con origine nel punto A e calcolare la posizione del centro di massa del sistema autogrù-carico.

$$x_{cm} = \frac{m_G x_G + m_C x_C}{m_G + m_C} = 3.2\ (\overset{B}{3.0},\ \overset{C}{2.9})\ m$$

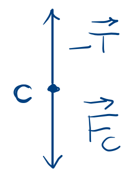
$$y_{cm} = 1.6\ (1.6,\ 1.5)\ m$$

(b) Disegnare i due diagrammi a corpo libero: (i) per l'autogrù quando questa è carica e il cavo è teso (riportare gli assi cartesiani e tutte le forze nei loro punti di applicazione e nulla altro); (ii) per il carico C.

1)



2)



$$|\vec{T}| = |\vec{F}_C|$$

È corretto anche trattare autogrù-carico come un unico sistema. In questo caso $\vec{T}$ e $-\vec{T}$ sono forze interne e, al posto di $\vec{F}_t$ e $\vec{F}_c$ si può direttamente usare la loro somma applicata al c.m. calcolato in (a) (→ massa totale del sistema).

(c) Determinare le forze normali $\vec{N}_A$ e $\vec{N}_P$ esercitate dal suolo sulle ruote anteriori e sulle ruote posteriori.

Ci sono solo $\vec{F}_{ext}$ // verticali e $\vec{N}_A \neq \vec{N}_P$. Condizioni per l'equilibrio $\begin{cases} \Sigma F_{y\,ext} = 0 & \text{non basta per determinare entrambe } \vec{N}_A \text{ e } \vec{N}_P \\ \Sigma \tau_{z\,ext} = 0 & \text{cambiando polo basterebbe} \end{cases}$

$$\Sigma F_{y\,ext} = 0 \quad N_{Ay} + \underbrace{F_{ty}}_{-m_G g} + N_{Py} + \underbrace{T_y}_{-F_c} = 0 \rightarrow N_{Ay} + N_{Py} = m_G g + F_c$$

$$\Sigma \tau_{z\,ext} = 0 \quad \tau_{zN_A} + \tau_{zF_t} + \tau_{zN_P} + \tau_{zT} = 0$$

	τ_{zN_A}	τ_{zF_t}	τ_{zN_P}	τ_{zT}
Polo A	$=0$	<0	>0	<0
Polo P	<0	>0	$=0$	<0

$$\rightarrow N_P = \frac{(1 \cdot m_G g + 6.5 F_c)\,N\,m}{4.0\,m} = 4.0\ \left(\begin{matrix}4.1, 4.2\\ \\ 1.3, 1.7\end{matrix}\right)\ 10^4\,N$$

$$\rightarrow N_A = \frac{(3 \cdot m_G g - 2.5 F_c)\,N\,m}{4.0\,m} = 0.96$$

(d) Qual è il carico minimo che fa ribaltare l'autogrù carica?

Suggerimento: all'aumentare del carico l'autogrù tende a ruotare attorno all'asse passante per il punto P.

Come si vede nel punto (c), c'è maggiore sollecitazione sulle ruote posteriori, che aumenta aumentando il carico o aumentando m_G, mentre diminuisce N_A. Quindi si ribalta quando:

Soluzione "analitica" $\tau_{P3} \leq 0$ e $N_A^{distacco} = 0$

Polo P: $3.0 \cdot m_G - 2.5|\vec{F}_c| \leq 0$ $\quad |\vec{F}_c| \geq 3.5\ (4.1,\ 4.7)\ 10^4\,N$

Soluzione "intuitiva" con il centro di massa: $x_{cm} \geq x_P$ $\quad x_{cm}$ aumenta aumentando $|\vec{F}_c|$